

**APPUI AU PROJET FRANCO-EGYPTIEN POUR  
L'ETABLISSEMENT EN ZONE DESERTIQUE DES  
FORETS ARTIFICIELLES D'EDFU, QENA ET  
LUXOR, IRRIGUEES PAR LES EAUX USEES DE CES  
TROIS VILLES.**

MISSION EN EGYPTE DU 22 AU 30 AVRIL 1998.



Ronald BELLEFONTAINE

CIRAD-FORET  
BP 5035  
34 032 MONTPELLIER Cedex  
FRANCE

## Résumé

Ce projet de plantation irriguée en zone désertique a officiellement démarré en septembre 1997 dans trois sites : à Edfu (à 120 km au nord d'Aswan), à Luxor et à Qéna (à 60 km au nord de Luxor). L'objectif principal est l'utilisation des eaux usées domestiques de ces trois villes peu industrialisées pour la production de bois (notamment d'oeuvre, avec *Khaya senegalensis*).

Prendre connaissance des derniers acquis et progrès réalisés depuis le début du projet et apporter éventuellement certains rectificatifs ou améliorations, tels étaient les buts de cette mission.

Un point principal mérite d'être souligné : la nécessité d'un suivi plus régulier et constant, à mettre en place sans tarder, tant en ce qui concerne les mesures d'accroissement et les pratiques sylvicoles à adopter que pour l'évolution des sols (pollution par d'éventuels métaux lourds ou éléments chimiques en surnombre, accumulation de litière, etc.) et l'établissement d'un bilan hydrique et physiologique pour les futurs peuplements. **Ce dernier thème est particulièrement important pour l'avenir de ces plantations.**

## Sommaire

1. Rappel des objectifs et remarque liminaire
2. Situation du projet en avril 1998 et problèmes techniques rencontrés
  - 2.1. Luxor
  - 2.2. Qéna
  - 2.3. Edfu
3. Autres activités et formation
4. Recommandations
5. Conclusions
6. Bibliographie sommaire
7. Annexes

## 1. Rappel des objectifs et remarque liminaire

1/ Les potentialités d'utilisation des eaux de surface et souterraines ne sont pas illimitées; le quota pour les eaux du Nil est de 55,5 millions de m<sup>3</sup> par an. La superficie arable du territoire est actuellement de 5,5 %. La population de l'Egypte continue de s'accroître à un rythme relativement élevé. De plus, de très grands projets d'irrigation ont démarré ou vont débiter dans la région de Touthki (sud-ouest), dans la dépression de Qattara (nord-ouest) et dans le nord-est du Sinai. A titre d'exemple, la constitution du "nouveau delta" sur 300 km<sup>2</sup> dans le désert sud-occidental (Touthki) devrait porter cette superficie à 30 % d'ici 25 ans.

2/ L'objectif principal de ce projet consiste à **utiliser les eaux usées** sommairement retraitées, dans le but de créer des boisements artificiels dans un pays sans forêt. Les buts secondaires sont nombreux. Les plus importants sont : i / la réduction des importations massives de bois et dérivés, principalement de bois d'oeuvre, ii / l'amélioration des conditions environnementales et la réduction de la pollution, iii / la création d'emplois pour la population.

3/ Grâce à ce projet, des boisements surgissent en plein désert. **C'est sans conteste un succès.** Des améliorations peuvent être apportées. Aussi les remarques qui suivent ne doivent pas être prises comme des critiques, mais comme de simples suggestions pour améliorer la situation actuelle. Elles visent à compléter les très larges connaissances acquises par le Dr. NASR Ragheb Said et le Dr. Mohamed Mustapha SHERIEF, ainsi que toute l'équipe du projet franco-égyptien, que je remercie pour leur disponibilité et leur accueil très chaleureux.

## 2. Situation du projet en avril 1998 et problèmes techniques rencontrés

### 2.1. Luxor

#### 2.1.1. Plantations existantes (35 feddans <sup>1</sup> dont 20 en *K. senegalensis*)

##### 2.1.1.1. *Khaya senegalensis* (Caïlcédrot)

4/ Dans l'ensemble, les premières plantations de 1995-96, même si elles ne sont pas homogènes, ont un **comportement assez satisfaisant**. Les regarnis contribuent à cette hétérogénéité. L'irrigation à la raie ne pose pas de problèmes majeurs. Certains pieds de *K. senegalensis* ont des feuilles étiolées, uniquement dans la partie basse de leur cime. Les jeunes pousses par contre sont vigoureuses. Il est à noter que ce phénomène se manifeste déjà sur certains plants dans la pépinière de Luxor. Cette "chlorose", accompagnée d'une légère décoloration des feuilles, pourrait être due aux vents desséchants, à une déficience (ou à un excès) en éléments minéraux ou encore à des insectes de très petite taille invisibles à l'oeil nu (la décoloration des feuilles ressemble à celle que peuvent prendre des feuilles attaquées par l'araignée rouge en Europe, mais les feuilles ont un aspect nettement moins "plombé" ou grisâtre).

5/ Ceci suggère que des **analyses et un suivi régulier** sont indispensables : analyse périodique de l'eau (et notamment des métaux lourds même s'il ne s'agit pas d'eaux usées industrielles) et

---

<sup>1</sup> 1 feddan = 0,42 hectare



des sols (échantillons à prélever hors périmètre irrigué et planté, dans les raies d'irrigation, en pépinière), vérifier dans le détail si il n'y a pas régulièrement un excès très localisé d'eau ?, étude de l'entomofaune, étude de l'enracinement, etc. Il sera sans doute utile de déraciner, avec beaucoup de précautions en 1999 lors de la prochaine mission d'appui, quelques arbres de tailles diverses si ce phénomène subsiste (prévoir une journée et six ouvriers bien outillés) et d'examiner leur système racinaire.

6/ Les arbres de Luxor ne sont **pas attaqués par *Hypsipyla robusta***. Aucune chenille mineuse ("borer") sur les jeunes pousses terminales non lignifiées n'a été remarquée sur les nombreux pieds observés. De même, je n'ai remarqué aucune présence de déjections à l'extérieur de la pousse terminale (qui peuvent être parfois accompagnées d'exsudations de gomme), ni d'apparition de dessèchement des pousses terminales. Les oeufs de ce lépidoptère *Pyalidae* sont pratiquement invisibles à l'oeil nu. Les jeunes larves pénètrent dans le bourgeon terminal. Elles passent par quatre stades de développement successifs. La durée du cycle varie en Côte d'Ivoire de quatre à six semaines et de nombreuses générations peuvent être produites en un an. Les chenilles, ponctuées de noir, sont d'abord blanc brunâtre, puis légèrement rouges (3<sup>ème</sup> stade) et enfin d'un blanc gris bleuté, avant de se transformer en chrysalide de couleur brun clair. Le papillon est gris brunâtre uni, teinté légèrement de brun rougeâtre (Brunck et Mallet, 1993). La photo n° 6 de mon rapport de février 1997 montre les dégâts que ce lépidoptère occasionne dans toute l'Afrique de l'Ouest notamment. Les troncs sont alors fourchus et impropres au sciage.

7/ Un maximum de précautions doit être pris à l'entrée en Egypte pour toutes les *Meliaceae* (désinfection soignée des graines en les mélangeant avec un insecticide classique; l'indication portée sur le certificat phytosanitaire par certains fournisseurs de graines attestant qu'un insecticide a été appliqué dans le pays d'origine ne suffit pas).

8/ Les problèmes majeurs de ces premières plantations de *K. senegalensis* semblent être **base génétique très étroite, l'écartement, l'élagage et une sélection peut-être pas assez poussée des plants à leur sortie de la pépinière**. La plantation actuelle est très hétérogène. De nombreux regarnis ont été effectués sans que leur emplacement n'ait été repéré sur un plan détaillé. Tout ceci se manifeste par un élagage satisfaisant pour certains arbres, mais déficient pour la majorité. Ces derniers peuvent présenter un pseudo-verticille de branches d'assez gros diamètre, faisant penser aux verticilles de résineux.

9/ Rappelons encore que les plants de caïcedrat plantés durant cette première phase proviennent tous d'un très petit nombre d'arbres-mères (un à neuf), très vraisemblablement apparentés. Ces arbres-mères de la ville de Luxor <sup>2</sup> étaient issus d'un même semis datant des années 1965-70. Cette **consanguinité** peut être en partie à l'origine de l'hétérogénéité actuellement constatée. **En aucun cas, à l'avenir, il ne faudra récolter de graines sur ces premiers peuplements installés avant mi-98**. Le rôle très important de l'amélioration génétique des arbres forestiers mérite d'être encore une fois souligné.

10/ A la suite de l'élagage artificiel, de nouvelles branches peuvent apparaître. L'élagage a été

---

<sup>2</sup> Un étudiant égyptien pourrait venir en stage en France avec un échantillon de tous les arbres adultes de *K. senegalensis* de Luxor et d'Edfu pour se former aux divers outils de marquage moléculaire en vue d'analyser les liens de parenté.





Luxor : plantation de février 1996 en *Khaya senegalensis* en milieu désertique ; irrigation tous les trois jours avec des eaux usées domestiques. Photo de février 1997 (un an).

Luxor : 1996 *Khaya senegalensis* plantation in desert zone; irrigation every three days with domestic sewage water. Photograph in February 1997 (one year).



Luxor : la même plantation en avril 1998 (2 ans et 2 mois)

Luxor : the same plantation in April 1998 (age : 2 years and 2 months)



réalisé sur la plupart des pieds sans utilisation de produits spéciaux <sup>3</sup> (à acquérir), ni de fongicides. L'élagage de la plus grande partie de la branche, en laissant un moignon de 10 à 30 cm, ne me semble pas opportun. Il retarde seulement la croissance en diamètre de cette branche qui ne tarde pas à émettre de nouvelles feuilles. Après consultation de spécialistes de l'élagage, aucun ne conseille cette technique. Un essai d'intensité de l'élagage pourrait être entrepris.

11/ Il est à noter également que les plants ont été élevés dans des sachets en polyéthylène à **parois non perméables aux racines** et que, de plus, **seul le fond du sachet a été enlevé** lors de la plantation. Les sachets devraient dorénavant être **totalelement et délicatement** enlevés lors de la plantation en prenant diverses précautions (plants copieusement arrosés au départ de la pépinière, sachets découpés de haut en bas à l'aide d'une lame de rasoir, plantation soignée, etc.). Il existe des conteneurs plus performants <sup>4</sup>. **La culture hors sol** (à 20 - 30 cm au-dessus du sol) favorise le cernage naturel et automatique des racines si les conteneurs sont perméables aux racines (motte Fertiss).

12/ Rappelons que comme toute plante, tout animal et tout être humain, l'avance acquise dans le jeune âge ne se perd jamais. Une bonne formation / élevage et des soins prodigués durant les premières années sont décisifs.

13/ **Des essais seront menés dans l'extension 98-99** (écartements variables, plantations mélangées, élagages, semis direct de graines prégermées ou de très jeunes plantules de *K. senegalensis*, etc.) uniquement sur des plants issus de lots de graines pour lesquels la base génétique devra être nettement plus large.

14/ En conclusion, **pour remédier à cette hétérogénéité**, il est recommandé dorénavant pour les nouvelles parcelles de *K. senegalensis* d'élargir la base génétique en utilisant des graines récoltées sur au moins 25 semenciers, de réduire l'écartement, de renforcer la sélection à la sortie de la pépinière, d'améliorer l'enracinement (conteneurs plus performants [Cremière, 1994], pas de repiquage, soins particuliers lors de la plantation, arrosages abondants et espacés dans le temps plutôt que des arrosages fréquents et localisés en surface).

#### 2.1.1.2. *Eucalyptus* spp.

15/ La plantation d'hybrides d'*E. camaldulensis*, *E. cladocalyx*, *E. microtheca* constitue également une incontestable réussite par rapport à la situation préexistante (désert). Un gradient de croissance du peuplement s'observe de l'est vers l'ouest. La forme des arbres est généralement de piètre qualité; elle pourrait être assez aisément améliorée. La variabilité du feuillage manifeste la présence de nombreux hybrides, de telle sorte qu'il est très difficile de savoir si l'on se trouve en présence des trois espèces citées. Des fournisseurs de graines sérieux (des instituts plutôt que

---

<sup>3</sup> Mastic à base d'huiles végétales et de résines, à appliquer au pinceau. Plusieurs marques existent, par exemple "Pelton à cicatriser" de Rhône Poulenc.

<sup>4</sup> Plusieurs marques produisent des conteneurs avec 15 à 33 % d'ajourage latéral (par exemple 33 % pour Forelite SA), à paroi perméable aux racines (par exemple Melfert ou Fertiss), à paroi non perméable mais à côtes internes très marquées (Coverplant, etc.). Ce type de conteneurs nécessite des machines et est conseillé pour de grands chantiers de reboisement

des commerçants) doivent être contactés. Il faut éviter, dans un premier temps, d'avoir recours à des récoltes locales sur du matériel végétal peu identifié ou malvenant ou en contact avec d'autres espèces avec lesquelles il pourrait s'hybrider. **L'origine actuelle des graines** (provenant de récoltes locales ou d'achats à l'étranger chez des fournisseurs peu scrupuleux) est en partie responsable de la mauvaise conformation des arbres, de la fourchaison, des bris de branches.

16/ **Une éclaircie** dans la zone la plus riche devra être réalisée en 1999 **avec prudence**, car dans la région méditerranéenne, de nombreuses attaques de *Phoracantha semipunctata* sont signalées. Il ne semble pas y avoir de dégât jusqu'à présent. Mais le risque est réel, car les *Eucalyptus* "tout venant" sont relativement fréquents dans les brise-vent en Egypte.

#### 2.1.1.3. *Acacia saligna*

17/ Cette parcelle nécessite un suivi plus important, car la forme de ce petit arbre est généralement buissonnante. Une **éclaircie légère** doit être réalisée rapidement, car plusieurs arbres sont déjà tombés (chablis). Des études relatives aux **rejets de souche** devront être entreprises (période optimale d'exploitation, dépressage d'un certain nombre de rejets, optimisation de la biomasse produite, etc.).

18/ Des élagages ont déjà eu lieu très localement, mais pas partout. Les branches ont été laissées à même le sol. **Un réel danger d'incendie existe. Il convient de continuer cet élagage.** Le bois de feu semble difficilement commercialisable dans la région de Luxor. Les produits d'éclaircie, ainsi que les branches et les chablis, devraient être récoltés et transformés en charbon de bois (à l'écart, dans un lieu sûr). Une formation des charbonniers peut être envisagée.

19/ L'évolution du sol est à signaler. Une **litière encore peu décomposée (à incorporer manuellement au sol)** est en train de se former, ce qui jouera sur la rétention en surface des eaux d'irrigation. Ici aussi des analyses de l'évolution des sols sont nécessaires.

20/ Notons aussi que la faune avicole est en train de se réinstaller, spécialement dans les acacias.

#### 2.1.1.4. Autres espèces

21/ *Morus alba* et *M. japonica* doivent faire l'objet d'un suivi plus attentif si les projets de sériciculture sont encore à l'ordre du jour. Ces espèces et variétés ne débutent pas leur feuillaison au même moment. **Une étude** phénologique, **des essais** de taille et des mesures de la production de la biomasse, de la périodicité de la production de feuilles en fonction des saisons, de la qualité du feuillage (métaux lourds <sup>5</sup>) devraient être effectuées. Les recommandations de mon rapport de 1997 sont toujours d'actualité. Notons, que par génie génétique, l'INRA a amélioré les performances des vers à soie, qui filent désormais un kilomètre de soie contre quelques centaines de mètres auparavant.

22/ *Jatropha curcas* (pourghère) : dans ce rapport précité, j'ai insisté sur le fait qu'une **étude**

---

<sup>5</sup> L'Institut Textile de France a conçu un tissu capable de piéger les métaux lourds. Il existe également d'autres études sur l'utilisation de bactéries ou de champignons capables de solubiliser les métaux lourds pour les rendre récupérables par électrolyse (Le Point, n° 1321).

**socio-économique** poussée devrait être menée avant de penser à installer une filière de production d'huile de pourghère. Le CIRAD avait lancé un projet pilote au Mali. Ce dernier a été abandonné, puis repris par la GTZ, puis à nouveau suspendu. En effet, il faut que la production de graines suive et que les paysans soient incités financièrement par des prix rémunérateurs à produire des graines de pourghère. Cette incitation fait généralement augmenter les prix de base. Dans ce cas de figure, la concurrence avec d'autres sources d'énergie rend le pourghère moins avantageux par rapport au gazole.

23/ *Salix spp. (viminalis)* : Il s'agit d'une introduction de Norvège ; cette espèce n'a guère d'intérêt ici à mon avis.

#### 2.1.2. Extensions futures (10 feddans en 1998 et 200 en 1990-2000)

24/ L'installation pour l'extension de 10 feddans pour 1998 est quasi terminée. Nous avons pu assister dimanche 26 avril à la première mise sous eau de ce périmètre. Le système mis en place par irrigation à la raie, avec plusieurs valves aux endroits stratégiques, permettra de contrôler l'irrigation de bien meilleure façon que dans le premier périmètre. Il serait utile d'avoir une idée de la quantité moyenne d'eau apportée aux plants (en notant le temps d'ouverture des valves et en connaissant le débit). Une plantation de *K. senegalensis* est programmée. L'origine précise n'a pas été communiquée. Il s'agit d'une des trois provenances du Burkina Faso.

**25/ Un essai de quatre écartements a été proposé en n'utilisant qu'une seule et même provenance du Burkina Faso :**

- \* 1 666 arbres à l'hectare à 2 x 3 mètres
- \* 1 600 arbres / ha à 2,5 x 2,5 m.
- \* 1 111 arbres / ha à 3 x 3 m.
- \* plantation en quinconce à 3 x 3 m.

Un dispositif statistique aléatoire à quatre répétitions devra être installé. Les parcelles unitaires carrées de 49 plants à écartement réduit nécessiteront une éclaircie précoce (vers 3 à 5 ans) (cfr tableau 2 de l'article de Dupuy et Verhaegen, 1993). Une sélection sévère et homogène des plants à la sortie de la pépinière améliorera la qualité de cet essai. Un suivi du bilan hydrique s'avérera d'autant plus nécessaire que la densité de plants à l'ha sera élevée.

**26/ Des essais de plantation en mélange** pourront être également installés avec les espèces citées au paragraphe ci-dessous. Notons que la conduite de peuplements en mélange est généralement très difficile, mais permettrait sans doute d'améliorer l'élagage naturel de l'espèce principale, à savoir *K. senegalensis*.

**27/ J'ai insisté pour que d'autres essais soient installés dès 1998 : essais de provenances** de *K. senegalensis* (d'Afrique de l'Ouest et un témoin local selon un dispositif en blocs complets randomisés), et **essais de criblage** avec dans une première étape seize espèces :

*Dalbergia sissoo*,  
*Tectona grandis*,  
*Acacia albida*,  
*Azadirachta indica*,

*Anogeissus leiocarpus*,  
*Hardwickia binata*,  
*Parkia biglobosa*,  
*Cassia siamea*,



*Pterocarpus erinaceus*,  
*Prosopis africana*,  
*Gliricidia sepium*,  
*Acacia senegal*,

*Gmelina arborea*,  
*Khaya senegalensis*,  
*Balanites aegyptiaca*,  
*Tamarindus indica*.

De plus, ces espèces seront également plantées en parcelles carrées individuelles de 200 à 250 plants minimum. Elles pourront être converties en parcelles semencières. Ces parcelles ne devront pas être contaminées par du pollen étranger (genre ou espèce). Elles devraient permettre à l’Egypte de disposer de sources certifiées de graines, d’améliorer la qualité des récoltes et des graines, de réduire la sortie de devises pour l’achat de graines à l’étranger.

La liste des espèces (proposées en annexe 3 de mon rapport de 1997) est revue et modifiée (voir annexe 2 ci-jointe) à la suite de la visite effectuée au “Botanical Garden d’Aswan” durant cette mission. Cet arboretum installé sur une île au milieu du Nil (nappe phréatique très proche) donne tout de même quelques indications. *Dans ces conditions très particulières*, les espèces de la zone sahélo-soudanienne, ou adaptées, *semblent* se comporter mieux que les espèces de forêts denses. Il est recommandé de sélectionner des provenances des zones sèches, spécialement pour *Tectona grandis*, *Azadirachta indica*, *Gmelina arborea*, *Hardwickia binata*.

### 2.1.3. Pépinière de Luxor

28/ Les semis en provenance du Burkina Faso sont réalisés. Certains plants, peu nombreux, manifestent une “chlorose” (carence ou excès d’éléments minéraux, excès d’arrosage, etc. - des études doivent être entreprises).

29/ Il n’y a pas d’étiquette concernant l’origine des deux provenances du Burkina Faso, ni la date de semis et de démariage, etc. Ces renseignements ne sont pas disponibles dans les bureaux de Luxor. Il y a-t-il également des semis locaux ? Seul le Dr. NASR sait exactement de quelle provenance il s’agit. Cette situation n’est pas idéale. Les indications, fournies avec les lots de graines envoyés dans les “Governorate”, devraient être photocopiées et remises aux responsables locaux, même s’ils ne comprennent pas la langue utilisée dans le pays d’origine. Ces renseignements doivent figurer dans un **dossier**. Toutes les opérations effectuées en pépinière devraient être notées dans un **registre**. Il faut être absolument sûr que, lors des démariages et les transports, les diverses provenances ne soient pas mélangées.

30/ De même, un **dossier d’archives des diverses opérations effectuées dans les parcelles plantées** doit également être tenu en indiquant les regarnis (provenance, lieu, date, nombre, etc.), les dates et intensités d’entretien, d’élagage, d’éclaircies, les volumes exploités, etc.). Le Dr. NASR est au courant des diverses procédures et tout repose sur son excellente mémoire. Je me permets cependant de recommander une amélioration du fonctionnement interne par la constitution d’archives et de **plans détaillés** des diverses plantations et des futurs essais.

31/ **L’ombrage des plants en pépinière** ne pose en général pas trop de problème dans les serres-tunnels. Il faut améliorer l’endurcissement progressif des plants sortis de pépinière par une mise en lumière très progressive. Lors de ma visite dans la pépinière de Luxor, les jeunes plants qui sont constamment à l’ombre, se portent mieux que ceux qui sont en pleine lumière. Il serait utile de prévoir l’achat d’une couverture absorbant une partie des rayonnements solaires et de programmer un endurcissement progressif aux conditions locales (soleil, arrosages espacés).

32/ La plantation par **stumps** pourrait également être envisagée et comparée aux plantations de jeunes plants aux racines non déformées.

33/ **La durée de séjour en pépinière** des jeunes plants pourrait être écourtée en fonction des provenances, de la quantité journalière d'arrosage, de la qualité du terreau, de l'endurcissement progressif des plants. Des essais complémentaires pourraient être menés pour optimiser la taille maximale admissible des plants en fonction de la saison de plantation. La culture hors sol et l'emploi de mottes à parois perméables aux racines permettraient que les jeunes racines qui se retrouvent à l'air libre soient transformées en boutons racinaires. Ces derniers ne demandent qu'à redémarrer dès que le plant sera mis en terre.

## 2.2 Qéna

### 2.2.1. Plantations existantes

#### 2.2.1.1. *Eucalyptus spp.*

34/ Cette parcelle, datant de mars 1997 (20 feddans), a été plantée à 2 x 5 mètres (5 mètres entre les rangées). On note la présence de très nombreux hybrides. La hauteur moyenne est d'environ 6 mètres (maximum = 9 mètres). Cette parcelle est caractérisée par des zones où les arbres sont morts du fait d'un **excès d'eau** (stagnation régulière ou permanente), des chablis, une couverture herbacée assez dense avec certaines plantes grimpant dans les branches basses. Les entretiens ne semblent plus être réalisés.

35/ Le principal problème de cette première parcelle est le manque de contrôle de l'irrigation, du fait d'un système de valves peu adapté. Cette plantation ne représente pas une "vitrine".

#### 2.2.1.2. *Casuarina spp. (C. glauca ?)*

36/ Les caractéristiques de cette plantation sont identiques et la croissance est encore plus nettement contrariée par les **excès d'eau**. En effet, le filao supporte mal une longue stagnation dans l'eau.

37/ La parcelle a une superficie de 15 feddans, plantés en juillet 1997 à 2x5 m. La hauteur est très variable. Les plants morts et immergés ont été déterrés par simple traction et présentaient un enracinement déficient. Ils avaient parfois été plantés avec le sachet, dont le fond avait été enlevé.

#### 2.2.1.3. *Khaya senegalensis*

38/ Plantation de décembre 1997 sur 15 feddans à 2 x 4 mètres. Très forte mortalité. Excès d'eau. Les plus grands ont 50 cm maximum. Enracinement déficient notamment du fait de l'excès d'eau, mais aussi présence de pivot coudé.

### 2.2.2. Extensions futures (50 feddans au sud de la station de traitement des eaux)

39/ Le nivellement est réalisé. Les conduites souterraines d'amenée de l'eau sont en cours de réalisation. La nouvelle pompe doit être fournie dans les quinze jours. Une ancienne pompe de 1976 (1 500 litres à la minute) est en activité. **Dorénavant, l'irrigation à la raie sera**



**parfaitement contrôlée** (mais non mesurée) par un système de vannes et l'eau excédentaire ne viendra pas arroser inopportunistement cette zone.

40/ La plantation est prévue pour septembre 98. Un écartement plus réduit, de 3 x 3 mètres, sera adopté. Les plants seront plus sévèrement sélectionnés à la sortie de la pépinière. Les plants trop petits, déformés, en mauvaise santé doivent être **jetés**. Il est moins coûteux de jeter des plants malingres que de les planter et d'obtenir ensuite une faible croissance et une mauvaise conformation du tronc. Il convient de **former les pépiniéristes**, car ces derniers généralement répugnent à jeter des plants.

### 2.2.3. Divers et conclusions partielles pour Qéna

41/ Une nouvelle pépinière sera installée dès juin 1998. Avant leur plantation, veiller à l'endurcissement progressif des plants sortis de pépinière (ombrage, vents desséchants, espacement des arrosages).

42/ Il n'y a pas de gros soucis à se faire en ce qui concerne les **quantités d'eau disponibles** pour les prochaines années. Aujourd'hui 20 000 m<sup>3</sup> en moyenne sont disponibles tous les jours. Cette quantité va passer à 25 000 m<sup>3</sup> sous peu. La capacité finale de cette station d'épuration est de 75 000 m<sup>3</sup>. **Les essais et parcelles semencières mentionnés ci-dessus pourraient occuper une surface importante à Qéna**, à condition de disposer d'un système d'irrigation identique à celui qui est en cours d'installation, avec valves indépendantes.

43/ La première plantation, dans laquelle les débits d'eau ne sont pas maîtrisés, pourrait être partiellement replantée avec des espèces supportant une inondation temporaire ou très longue (*Taxodium distichum* ?, *Dalbergia sissoo*, *Melaleuca spp.* [voir rapport 1997, annexes 3 et 4]).

## 2.3. Edfu (à 120 km au nord d'Aswan)

### 2.3.1. Plantations futures

44/ Le système d'épuration semble de meilleure qualité qu'à Luxor. Le débit moyen futur des eaux usées ne sera **que de 7 000 m<sup>3</sup> par jour, ce qui limite l'extension des plantations**, alors que de très grandes superficies existent aux alentours. Un calcul approfondi du bilan hydrique devra être réalisé. A titre de première estimation, on peut se baser sur quelques données (qu'il faudra comparer et croiser avec les données égyptiennes, détenues par le Dr. NASR. Les données relatives à l'évapotranspiration relevée dans les divers sites me seront communiquées dans les prochains jours) :

□ Au Burkina Faso, des études ont récemment montré qu'un *Acacia albida* adulte (70 cm de diamètre), en pleine feuillaison dans un système de parcs arborés, pouvait consommer 300 litres par jour en moyenne (Roupsard *et al.*, 1997).

□ Au Sahel, un hectare de canne à sucre consomme environ 20 000 m<sup>3</sup> par an, soit 55 m<sup>3</sup> par jour et par ha.

□ Dans les oasis, les spécialistes estiment l'évaporation à 12 à 15 mm / jour, soit 12 à 15 litres / m<sup>2</sup> / jour ou encore 120 à 150 m<sup>3</sup> / ha / jour.

□ Par comparaison, un hectare de chênes en Europe nécessite 6 000 m<sup>3</sup> / ha / an ou seulement 17 m<sup>3</sup> / ha / jour.

□ Si nous admettons qu'en Haute Egypte un caïcedrat, arbre au feuillage plus dense, consomme 500 litres par jour, et qu'à l'âge de vingt ans, après plusieurs éclaircies, il ne subsiste que (150 à) 200 tiges par hectare, la quantité d'eau à fournir par hectare serait de 100 000 litres par jour (soit **100 m<sup>3</sup>/jour/ha**) en moyenne avec diverses variations annuelles (vents, saisons, etc.). En se basant sur cette hypothèse, on ne pourra étendre les plantations sur plus de **70 ha (ou environ 175 feddans)**.

45/ **L'irrigation au goutte à goutte** est en cours d'installation (pression = 3,5 à 4 bars). Le nivellement des 40 premiers feddans est réalisé. L'installation de quatre gros filtres à sable est imminente (ces filtres viennent d'être livrés). Les spécialistes égyptiens affirment que le système du goutte à goutte n'est **en principe jamais colmaté**, si les filtres sont bien surveillés. L'arrosage serait donc assuré avec régularité.

46/ Il sera nécessaire de prévoir un suivi très attentif de l'enracinement afin de **vérifier si l'arrosage au goutte à goutte ne nuit pas à la stabilité des arbres adultes**. Le système au goutte à goutte favorise un bulbe d'humidité directement sous la racine pivotante du plant. Les racines latérales et les racines obliques ne sont dès lors pas favorisées. Avec une irrigation par raies, les racines latérales ont tendance à mieux se développer. Les *K. senegalensis* sont des arbres, qui à l'âge adulte, auront une trentaine de mètres de hauteur et une couronne plus importante que les arbres habituellement utilisés en Egypte comme brise-vent (*Casuarina*). Il y a donc un risque de chablis à l'âge adulte à ne pas négliger !

47/ A Edfu, **les essais de criblage d'espèces et de plantations mélangées** (annexe 3) pourront être plantés dès la fin de 1998 selon le Dr. NASR. Les espèces citées ci-dessus (chapitre 212, paragraphe 27) et en annexe 2 pourront être testées.

48/ Les premiers produits d'éclaircies pourront, dans cette région, être commercialisés sous forme de bois de feu ou de charbon de bois.

### 2.3.2. Pépinière

49/ Il existe devant les bureaux du Ministère de l'Agriculture d'Edfu trois *Khaya senegalensis* datant d'il y a trente ans. Ils ont actuellement 210, 212 et 187 cm de circonférence à hauteur d'homme. Les graines de ces arbres n'ont pas été utilisées pour les semis de cette année.

50/ Les semis d'une provenance du Burkina Faso ("3 ème lot" selon le Dr. NASR, sans plus de renseignement actuellement) ont été réalisés fin mars, début avril 1998, à raison de deux ou trois graines par sachet. Ces sachets avec fond, de 18 cm de hauteur et 12 cm de diamètre, ne sont remplis que sur 13 à 15 cm. Ce qui risque de réduire la profondeur d'enracinement et d'entraver encore plus le développement normal du pivot. De plus, les quatre à cinq centimètres "vides" permettent de recevoir beaucoup d'eau (arrosages manuels). Lors de ma visite, les sachets étaient trop arrosés, mais peut-être était-ce du à l'arrivée du groupe de visiteurs ? Des sachets remplis de terreau sur 16 à 17 cm, en laissant 1 à 2 cm pour absorber l'eau d'arrosage, pourraient améliorer la qualité de l'enracinement. Cependant ici aussi, il faudrait pouvoir **opter pour un dispositif assurant un auto-cernage des plants par une culture hors sol** (à 20 cm de hauteur).



51/ La germination par sachet est d'autant "meilleure" que deux à trois graines ont été semées par sachet. Ceci nécessitera des démariages. Un des pépiniéristes nous a montré comment il procéderait. Il s'ensuit que la qualité du repiquage devra être améliorée par une **formation appropriée** et un suivi régulier. L'idéal serait de ne semer **qu'une graine par conteneur**. Ce qui permettrait de regrouper les plants d'après leur vigueur. Le coût ne serait pas beaucoup plus élevé, l'enracinement serait moins perturbé par le démariage toujours délicat, et l'homogénéité de la plantation pourrait être augmentée pour autant qu'une sélection aussi précoce soit efficace (un essai pourrait être envisagé).

52/ Aucune manifestation de chlorose n'est visible à ce stade précoce. Les semis sont réalisés sous serre-tunnel avec couverture spéciale (65% de la lumière solaire). On escompte une production cyclique en un à deux mois de 20 000 plants maximum. **Une aire d'endurcissement**, à l'ombre d'arbres adultes, est prévue à 30 mètres derrière les bureaux pour les 3 et 4<sup>èmes</sup> mois.

### *3. Autres activités et formation*

53/ Un **voyage d'étude** est programmé avant la fin de l'année civile (fin juin 1998). Selon certaines sources, quatre à cinq responsables du projet pourraient venir en France. Une décision doit être prise très rapidement afin d'organiser l'ensemble.

54/ Une participation à la **conférence** "Combating Desertification with Plants" qui se tiendra en Israël du 2 au 5 novembre 1998 serait souhaitable pour les responsables du projet.

55/ Le suivi des nombreux points cités ci-dessus et dans mon rapport de 1997 serait mieux assuré si un étudiant égyptien pouvait entreprendre une **thèse de trois ans en alternance** (six mois par an en Egypte, six mois en France). Un budget doit être activement recherché, car les opérations de suivi sont nombreuses et certaines sont originales.



Edfu : 3 *K. senegalensis* âgés d'une trentaine d'années . Au premier plan (en avril 1998), le diamètre est d'environ 70 cm.

Edfu : Three thirty-year old trees. In the foreground, DBH is ~ 70 cm ( in April 1998).



Aswan : caïlcédrat de près d'un mètre de diamètre dans le Botanical Garden avec nappe phréatique proche (âge inconnu).

Aswan : tree of DBH about 1 m. in the Botanical Garden; water table nearby ; age unknown.



Luxor : quatre caïlcédrats âgés d'une trentaine d'années, situés à 150 mètres de la rive droite du Nil (photo de février 1997).

Luxor : four thirty-year old trees, situated 150 meters from the right bank of the Nile (February 1997).



#### 4 . Recommandations

56/ **Le suivi scientifique** de l'ensemble du projet est notamment assuré par le Dr. NASR, qui a de nombreuses charges. Sous son contrôle, il est cependant nécessaire d'envisager rapidement l'appui d'un jeune étudiant égyptien inscrit en thèse, ce qui permettrait d'assurer au jour le jour le suivi scientifique et technique des nombreux problèmes que posent ces plantations très particulières. La question la plus urgente à résoudre est **d'estimer les bilans hydrique et nutritionnel, la croissance et le fonctionnement hydrique d'arbres adultes à différents moments de l'année, la consommation globale d'eau à l'hectare**. Il y a lieu de ne pas oublier que la nappe phréatique est généralement située à plus de 80 à 100 mètres de profondeur selon les indications qui m'ont été communiquées dans chacun des sites. Un suivi très rigoureux est indispensable pour ce type de plantation dont on ne maîtrise pas tous les paramètres.

57/ Diverses recommandations ont été faites dans ce rapport. Elles sont reprises en annexe 1 ci-après. Malgré la réussite actuelle indéniable de ces plantations, il serait éminemment souhaitable que des **améliorations** soient apportées afin de mieux mettre en valeur ces **plantations pilotes**. A ce stade, **il faut diversifier les espèces** et ne pas se contenter de tester pratiquement que le caïlcédra. Ceci permettrait vraisemblablement de trouver des financements pour compléter cette opération de recherche-développement.

58/ Il faut plus **insister sur la qualité** des plantations que sur la quantité des plants installés. C'est pourquoi, il est vital d'améliorer certaines pratiques des pépiniéristes et certaines techniques, notamment la qualité de **l'enracinement**. **L'amélioration génétique de quelques rares espèces bien ciblées** est une étape indispensable et qui n'est pas trop onéreuse. Elle permettrait d'obtenir des gains importants (*Eucalyptus* par exemple). Ultérieurement, des techniques de bouturage horticole et de propagation *in vitro*, mises au point pour le teck, pourraient être adoptées pour le caïlcédra (Monteuuis *et al.*, 1998). **La diversification des espèces testées** peut avoir un caractère répétitif en fonction des divers sites du projet. Le choix des provenances des zones à **longue saison sèche** est primordial. Certaines espèces proposées seront réintroduites (*Balanites*, *Acacia*, ...) et cette restauration d'une végétation ancienne peut influencer certains bailleurs de fonds.

59/ **L'évolution des sols** (litière, pollution par d'éventuels métaux lourds ou excès d'éléments minéraux) ne doit pas être négligée. Aux USA, on dépollue certains sols pollués par les nitrates en y plantant du soja, espèce végétale qui a un grand appétit en azote. Cette aptitude existe probablement chez certains *Casuarina* ou *Erythrina*. Elle n'a pas encore été étudiée. Parmi les mécanismes impliqués dans la dépollution des eaux chargées en nitrates, la dénitrification biologique joue un rôle essentiel. Les arbres favorisent cette dépollution par l'intermédiaire de leurs litières riches en substances carbonées, qui servent de substrats aux bactéries dénitrifiantes pendant les périodes d'engorgement. Il y aurait lieu de comparer les différentes espèces en ce qui concerne la **qualité de leurs litières** (Dommergues, comm. pers., 1997).

## 5. Conclusions.

60/ **Le suivi rigoureux et très régulier de ces plantations est indispensable.** Ces expériences innovantes laissent des zones d'ombre. Si les solutions proposées (étudiant égyptien en thèse, suivi par des étudiants français six mois par an, coopérant français du service national pendant 16 mois, etc.) ne peuvent être retenues, il faut cependant se donner les moyens de suivre les rythmes de croissance et de transpiration, **les bilans hydriques et nutritionnels** et leurs interactions physiologiques, sans parler des questions sylvicoles et d'évolution des sols. Des espèces telles que le *Khaya senegalensis* auront vraisemblablement des cycles de 50 à 80 ans, si elles survivent à ces conditions très particulières (notamment d'excès de certains éléments minéraux)

61/ L' "Undersecretarial of State for Afforestation" (USfA) a plusieurs projets en cours ou en préparation qui lui permettent de lancer de nombreuses expérimentations dans divers sites (Ismailiya, El Tûr-Gibeil, Sharm al Sheikh, Wadi Natrum, Edfu, Qéna, Luxor, etc.). Cette aide publique extérieure pourra se développer si l'USfA peut **montrer une "vitrine" de projets remarquables**. Il faut donc utiliser au mieux cette aide extérieure et **améliorer encore la qualité des plantations au détriment de la quantité**, et cela dans des délais assez courts. Il est préférable à ce stade d'avoir peu de stations mais toutes remarquables, plutôt que de nombreuses stations aux résultats variables. L'amélioration génétique notamment permettrait d'atteindre rapidement cet objectif. Il est important de **diversifier les espèces plantées** et de ne pas tout miser sur une seule espèce.

62/ Ce projet est très intéressant, car les problèmes rencontrés ne sont pas simples à résoudre. En effet, l'expérience de colonisation des déserts avec des eaux usées est peu développée de par le monde. Les résultats actuels sont tout-à-fait **encourageants et peuvent être améliorés**. La consommation en eau de ces futurs peuplements est inconnue et cette "menace" pourrait venir tempérer l'enthousiasme des responsables.



## 6. Bibliographie sommaire

- \* Bellefontaine R. , 1997. Rapport de pré-identification d'un projet de boisement en irrigué avec des eaux usées. Mission en Egypte du 10 au 19 février 1997. CIRAD-Forêt, France, 33 p.
- \* Brunck F. et Mallet B., 1993. Les problèmes phytosanitaires de l'acajou en Côte d'Ivoire. Bois et Forêts des Tropiques, 237, 9-29.
- \* Chaperon H., 1985. La motte de culture Fertiss. AFOCEL, Informations-Forêt, n° 2, 193-203.
- \* Cremière L. , 1994. Conteneurs : quelles conséquences pour le pin maritime ? Afocel-Armef, Informations-Forêt, n°1, 1994, 69-87.
- \* Monteuis O., Bon M.C., Goh D.K.S., 1998. Teak propagation by *in vitro* culture. Bois et Forêts des Tropiques, 256, 43-53.
- \* Roupsard O., Ferhi A., Pallo F., Granier A., Depommier D., Mallet B., Joly H.I., Dreyer E. 1997. Fonctionnement hydrique de *Faidherbia (Acacia) albida* dans un parc agroforestier en Afrique sud-soudanienne (Dossi, Burkina Faso) : variabilité spatiale et saisonnière. CIRAD-Forêt, France, 12 p. (version anglaise en préparation pour *Functional Ecology*).
- \* Roupsard O., Joly H.I., Dreyer E., 1998. Variability of initial growth, transpiration efficiency (W) and carbon isotope discrimination (  $^{13}\text{C}$  ) in seedlings of *Faidherbia albida* (Del.) A. Chev. (syn. *Acacia albida* Del.), a multipurpose tree of semi-arid Africa. Provenance and drought effects. *Annales des Sciences Forestières*, sous presse.

## 7. Annexes

## Annexe 1 : principales recommandations

### 1. Généralités

- 1°/ Se convaincre que l'amélioration génétique est indispensable et source de gains économiques.
- 2°/ Suspendre les récoltes locales de graines.
- 3°/ Commander les graines à des instituts fiables.
- 4°/ Elargir la base génétique, tout particulièrement pour *Khaya senegalensis*.
- 5°/ Créer des parcelles semencières à l'aide de graines d'origine certifiée et bien identifiée.
- 6°/ Dessiner en détail le plan de chaque parcelle plantée (orientation, contours, provenance, date du semis, prétraitement, mode et date de plantation, origine et date du regarnis, type et date des entretiens, des élagages, des éclaircies, etc.).
- 7°/ Etablir de même un dossier en pépinière.
- 8°/ Estimer le bilan hydrique et nutritionnel des divers peuplements et la consommation globale par hectare. C'est la recommandation la plus importante.
- 9°/ Analyser des échantillons de sol prélevés hors périmètre irrigué et dans la raie d'irrigation et l'évolution des sols (litière, éléments minéraux en excès, etc.) .
- 10°/ Mesurer régulièrement les peuplements (productivité, biomasse, etc.).
- 11°/ Sélectionner un étudiant désireux de s'inscrire en thèse pour assurer le suivi scientifique et technique régulier de ces parcelles.
- 12° / Diversifier les espèces et ne pas miser l'effort sur le seul caïlcédra.

### 2. Pépinière

- 1°/ Désinfecter toutes les graines à leur arrivée en Egypte (et très spécialement les Meliacées).
- 2°/ Donner une formation soignée aux pépiniéristes (tenue d'un registre des opérations, technique de démariage, élimination radicale des plants malvenants, culture hors sol, précautions pour ne pas mélanger les provenances lors des repiquages et des transports sur le terrain, etc.).
- 3°/ Accentuer la sélection parmi les plants à la sortie de la pépinière.
- 4°/ Réduire la durée de séjour des plants en pépinière.
- 5°/ Etudier le feuillage de quelques jeunes plants "décolorés" de *K. senegalensis* (pépinière et plantations).
- 6°/ Veiller à doser l'ombrage des *K. senegalensis* juvéniles et améliorer l'endurcissement progressif des plantules.
- 7°/ Entreprendre des essais de plantation de stumps pour cette espèce.
- 8°/ Acheter si possible des conteneurs perméables aux racines et adopter la culture hors sol.

### 3. Plantations

- 1°/ Constituer un dossier pour chaque nouvelle parcelle plantée et dessiner un plan détaillé.
- 2°/ Enlever complètement et délicatement la totalité du sachet lors de la plantation.
- 3°/ Analyser les feuilles "décolorées" de *K. senegalensis* de 1996 à Luxor : champignons ?, insectes ?, déficience minérale ?, etc.
- 4°/ Réduire l'écartement des *K. senegalensis*. Abandonner le 5x2 mètres pour un écartement de 3x3 m. et analyser les résultats du futur essai d'écartements.
- 5°/ Localiser tous les regarnis avec précision sur le plan au moment du regarnissage. Regarnir une seule fois durant les trois premiers mois qui suivent la plantation initiale.

- 6°/ Eclaircir légèrement les *Eucalyptus* et *A. saligna* à Luxor.
- 7°/ Etudier la capacité de rejeter de souche d'*A. saligna* (période optimale, nombre de rejets à laisser par souche, volume exploité, etc.).
- 8°/ Elaguer les *A. saligna* et évacuer les branches (danger d'incendie).
- 9°/ Programmer une formation pour les charbonniers.
- 10°/ Incorporer la litière des *A. saligna* manuellement au sol.
- 11°/ Etudier l'enracinement des espèces.
- 12°/ Protéger les plaies avec un mastic spécial au moment de l'élagage.
- 13°/ Préférer un arrosage intense et espacé, plutôt qu'un arrosage limité et quotidien, dans le but de développer l'enracinement dans l'espace et de réduire d'éventuelles maladies.
- 14°/ Lancer sans tarder des essais de criblage d'espèces.
- 15°/ Tester divers écartements pour *K. senegalensis*.
- 16°/ Essayer de gérer des plantations en mélange.
- 17°/ Comparer les provenances de *K. senegalensis* selon un schéma statistique.
- 18°/ *Morus* : étude phénologique, essai de taille, production de biomasse, qualité des feuilles ?
- 19°/ *Jatropha* : avant toute chose, lancer une étude socio-économique si nécessaire.
- 20°/ A Qéna, dans les parcelles inondées, essayer des espèces tolérant l'inondation.
- 21°/ Essayer à l'avenir d'avoir une idée plus précise de la quantité d'eau délivrée par plant.
- 22°/ Prévoir un projet d'amélioration génétique du *Khaya senegalensis* et d'*Eucalyptus camaldulensis* (étude par marquage moléculaire des arbres-mères de K.s. de Luxor, Edfu et Aswan; essais de provenances; tests de descendance; culture *in vitro*; etc.).

## Annexe 2 : Espèces à tester

### 1/ Dans un premier temps :

<i>Dalbergia sissoo</i> ,	<i>Anogeissus leiocarpus</i> ,
<i>Tectona grandis</i> ,	<i>Hardwickia binata</i> ,
<i>Acacia albida</i> ,	<i>Parkia biglobosa</i> ,
<i>Azadirachta indica</i> ,	<i>Cassia siamea</i> ,
<i>Pterocarpus erinaceus</i> ,	<i>Gmelina arborea</i> ,
<i>Prosopis africana</i> ,	<i>Khaya senegalensis</i> ,
<i>Gliricidia sepium</i> ,	<i>Balanites aegyptiaca</i> ,
<i>Acacia senegal</i> ,	<i>Tamarindus indica</i> .

### 2/ Dans un deuxième temps :

<i>Isobertlinia doka</i> ,	<i>Daniellia oliveri</i> ,
<i>Bombax costatum</i> ,	<i>Detarium senegalense</i> ,
<i>Celtis integrifolia</i> ,	<i>Sterculia setigera</i> ,
<i>Sclerocarya birrea</i> ,	<i>Acacia holosericea</i> ,
<i>Azalia africana</i> ,	<i>Albizia lebeck</i> ,
<i>Cassia sieberiana</i> ,	
et <i>Cajanus cajan</i> en sous-étage.	



### Annexe 3 : essais de plantation mélangées

<i>Khaya senegalensis</i>	avec	<i>Azadirachta indica</i> ,
<i>Khaya senegalensis</i>		<i>Anogeissus leiocarpus</i> ,
<i>Khaya senegalensis</i>		<i>Hardwickia binata</i> ,
<i>Khaya senegalensis</i>		<i>Parkia biglobosa</i> ,
<i>Khaya senegalensis</i>		<i>Cassia siamea</i> ,
<i>Khaya senegalensis</i>		<i>Gmelina arborea</i> ,
<i>Khaya senegalensis</i>		<i>Tamarindus indica</i> ,
<i>Khaya senegalensis</i>		<i>Gliricidia sepium</i> ,
<i>Khaya senegalensis</i>		<i>Tectona grandis</i> ,
<i>Khaya senegalensis</i>		<i>Prosopis juliflora</i> .
<i>Tamarindus indica</i>	avec	<i>Azadirachta indica</i> ,
<i>Tamarindus indica</i>		<i>Anogeissus leiocarpus</i> ,
<i>Tamarindus indica</i>		<i>Gmelina arborea</i> ,
<i>Tamarindus indica</i>		<i>Acacia senegal</i> ,
<i>Tamarindus indica</i>		<i>Tectona grandis</i> .
<i>Azadirachta indica</i>	avec	<i>Parkia biglobosa</i> ,
<i>Azadirachta indica</i>		<i>Gliricidia sepium</i> .